

# Developing a Waterpas Digital Prototype Based on MPU6050 for Improving Wall Surface Unevenness

## Pengembangan Prototipe Waterpas Digital Berbasis MPU6050 untuk Pengukuran Ketidakrataan Permukaan Tembok

Fikri Alam firmansyah<sup>1)</sup>, Izza Anshory<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: izzaanshory@umsida.ac.id

**Abstract.** *The incident of the school building collapse due to inaccuracies in structural measurements underscores the importance of slope accuracy in ensuring construction safety. To address the limitations of accuracy and the lack of data integration in conventional waterpasses, this research developed an innovative digital waterpass based on the MPU6050 sensor (accelerometer and gyroscope) integrated with the Raspberry Pi platform. This system is capable of measuring angle changes in real-time, processing data with precision, and displaying the results both visually and digitally. The implementation of this modern technology not only minimizes the risk of human error and accelerates fieldwork processes but also supports integrated technical documentation to enhance quality and safety standards in the modern construction industry.*

**Keywords** - Digital Level; MPU6050; Unevenness Measurement; Wall Surface; Digital Instrumentation.

**Abstrak.** *Insiden runtuhnya bangunan sekolah akibat ketidakakuratan pengukuran struktural menegaskan pentingnya akurasi tingkat kemiringan dalam menjamin keamanan konstruksi. Guna mengatasi keterbatasan akurasi dan ketiadaan integrasi data pada waterpass konvensional, penelitian ini mengembangkan inovasi waterpass digital berbasis sensor MPU6050 (akselerometer dan giroskop) yang diintegrasikan dengan platform Raspberry Pi. Sistem ini mampu mengukur perubahan sudut secara real-time, memproses data secara presisi, serta menampilkan hasilnya secara visual maupun digital. Implementasi teknologi modern ini tidak hanya meminimalkan risiko kesalahan manusia (human error) dan mempercepat proses kerja di lapangan, tetapi juga mendukung dokumentasi teknis yang terintegrasi demi meningkatkan kualitas dan standar keselamatan pada industri konstruksi modern.*

**Kata Kunci** - Waterpas Digital; MPU6050; Pengukuran Ketidakrataan; Permukaan Tembok; Instrumentasi Digital.

## I. PENDAHULUAN

Dalam industri konstruksi, pengukuran tingkat kemiringan bangunan merupakan salah satu aspek penting yang sangat memengaruhi kualitas, kestabilan, dan keamanan struktur bangunan secara keseluruhan. Kemiringan yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknis dapat menyebabkan berbagai permasalahan, seperti ketidakseimbangan struktur, munculnya retakan, hingga risiko keruntuhan bangunan[1]. Salah satu peristiwa yang menunjukkan pentingnya ketelitian dalam proses konstruksi adalah runtuhnya bangunan di SMK Negeri 1 Jambi yang mengakibatkan tiga orang pelajar kehilangan nyawa[2][3]. Peristiwa tersebut menjadi pengingat bahwa setiap tahapan pembangunan, termasuk proses pengukuran sudut dan kemiringan, harus dilakukan secara akurat dan sesuai dengan standar keselamatan yang berlaku. Kegagalan dalam memenuhi standar teknis tidak hanya menimbulkan kerugian material, tetapi juga dapat mengancam keselamatan manusia[4].

Untuk membantu praktisi konstruksi dalam mengidentifikasi risiko serta menentukan solusi yang tepat terhadap potensi permasalahan struktural, diperlukan teknologi pengukuran yang mampu memberikan hasil dengan tingkat presisi tinggi serta mendukung proses dokumentasi dan pengawasan proyek secara efektif[5]. Namun, alat ukur yang umum digunakan di lapangan, seperti waterpass konvensional, masih memiliki berbagai keterbatasan[6]. Meskipun cukup efektif untuk pekerjaan sederhana, alat tersebut memiliki tingkat akurasi yang terbatas, proses pengukuran yang relatif lambat, serta belum mampu menghasilkan data digital yang dapat diolah lebih lanjut sebagai informasi teknis[7].

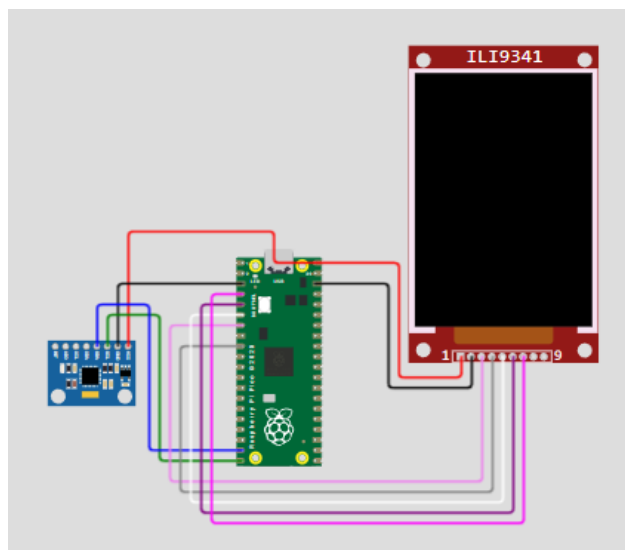
Perkembangan teknologi sensor dan mikrokontroler telah membuka peluang untuk mengembangkan sistem pengukuran kemiringan yang lebih modern dan efisien[8]. Salah satu komponen yang berpotensi digunakan adalah sensor MPU6050, yaitu sensor yang menggabungkan akselerometer dan giroskop dalam satu modul. Sensor ini mampu mendeteksi percepatan serta perubahan orientasi objek secara real-time[9], sehingga sangat sesuai untuk mengukur sudut kemiringan pada berbagai proses konstruksi. Selain memiliki tingkat akurasi yang baik, sensor MPU6050 juga berukuran kecil, hemat daya, dan memiliki biaya implementasi yang relatif rendah[10].

kendali sistem. Raspberry Pi memiliki kemampuan komputasi yang memadai, fleksibilitas dalam pemrograman, serta dukungan terhadap berbagai antarmuka komunikasi[11] . Dengan memanfaatkan Raspberry Pi, data yang diperoleh dari sensor MPU6050 dapat diolah untuk menghitung sudut kemiringan secara akurat, kemudian ditampilkan melalui layar digital maupun media visual lainnya[12] . Selain itu, sistem juga dapat dikembangkan agar terhubung dengan perangkat eksternal seperti komputer atau smartphone sehingga hasil pengukuran dapat disimpan, dianalisis, dan dijadikan dokumentasi teknis proyek konstruksi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pengembangan waterpass digital berbasis sensor MPU6050 dan Raspberry Pi menjadi sebuah solusi yang relevan untuk meningkatkan akurasi pengukuran kemiringan pada proyek konstruksi[13] \. Sistem ini diharapkan mampu mempercepat proses kerja di lapangan, mengurangi kesalahan manusia (human error)[14] , serta mendukung penerapan dokumentasi digital yang lebih efektif. Dengan demikian, penggunaan teknologi ini dapat berkontribusi dalam meningkatkan kualitas hasil pekerjaan konstruksi serta menciptakan lingkungan pembangunan yang lebih aman, efisien, dan berbasis teknologi modern[15] .

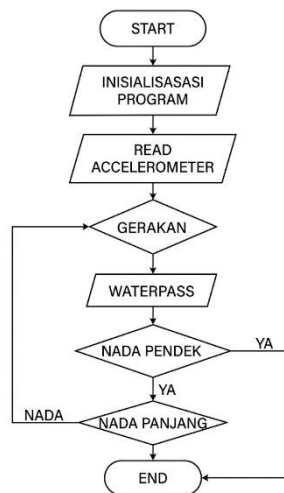
## II. METODE

Untuk mendukung pengolahan data dari sensor tersebut, Raspberry Pi dapat digunakan sebagai pusat Metode pengukuran kemiringan bangunan dalam penelitian ini dikembangkan melalui integrasi sistem digital berbasis mikrokontroler untuk mengatasi keterbatasan akurasi dan pencatatan data pada alat konvensional seperti waterpass manual. Landasan metodologi sistem ini bertumpu pada pemrosesan data orientasi secara real-time memanfaatkan sensor MPU6050 yang menggabungkan prinsip kerja akselerometer dan giroskop. Sensor tersebut berfungsi mendeteksi percepatan serta perubahan sudut bidang kerja secara presisi dengan konsumsi daya yang rendah. Selanjutnya, data mentah dari sensor ditransmisikan menuju platform Raspberry Pi sebagai unit pemroses sentral (CPU). Di dalam Raspberry Pi, algoritma komputasi diterapkan untuk menghitung nilai kemiringan arsitektural secara akurat, yang kemudian hasilnya divisualisasikan langsung melalui layar Liquid Crystal Display (LCD). Melalui skema pemrosesan digital ini, metode pengujian di lapangan dapat berjalan lebih cepat, meminimalkan faktor kesalahan manusia (human error), serta menghasilkan data teknis yang siap diintegrasikan ke dalam sistem dokumentasi digital proyek konstruksi modern.



Gambar 1. Wiring Diagram

Simulasi rangkaian ini berpusat pada Raspberry Pi yang bertindak sebagai otak pengolah data untuk mengendalikan seluruh proses sistem melalui komunikasi antarmuka I2C. Melalui pin GPIO-nya, Raspberry Pi mengonfigurasi dan membaca data digital mentah dari sensor MPU-6050, yang mendeteksi percepatan linear dan kecepatan rotasi pada sumbu X, Y, dan Z secara bersamaan. Kombinasi fungsi giroskop dan akselerometer pada MPU-6050 ini sangat krusial untuk memberikan pemahaman mendalam terkait gerakan, orientasi, serta gestur objek yang dipantau.



Gambar 2. Flowchart

Gambar 2 merupakan perancangan waterpass digital yang digunakan MPU6050 untuk mengukur tingkat kemiringan tembok bangunan. dimana Raspberry akan memproses data dari semua bagian. MPU6050 menghasilkan output dengan lampu merah. Jika kemiringan berada di tengah, lampu merah akan berada di tengah, dan jika objek berada di sebelah kanan, lampu merah akan berada di sebelah kanan. Jika ada kendala, ulangi kontrol proses dan sesuaikan parameternya lagi hingga proses penyesuaian selesai.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisis Kinerja Sistem kemiringan

Pengembangan waterpass digital berbasis sensor MPU6050 dan Raspberry Pi terbukti secara ilmiah mampu mengatasi keterbatasan alat ukur konvensional. Melalui kombinasi sensor terkalibrasi dan komputasi cerdas, sistem ini menawarkan akurasi tinggi dengan error  $\pm 0,06^\circ$ , kecepatan respon real-time, dan sistem dokumentasi data otomatis. Implementasi teknologi ini dalam industri konstruksi sangat relevan untuk mereduksi human error, memastikan pemenuhan standar keselamatan teknis, dan mencegah kegagalan struktural fatal seperti yang terjadi pada kasus-kasus runtuhnya bangunan akibat kelalaian pengukuran.

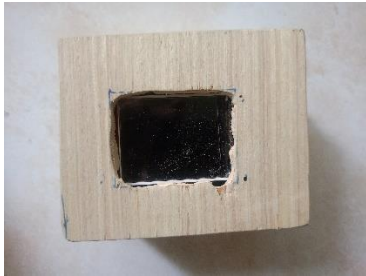
Tabel 1. Hasil Pengujian Kemiringan Dinding

| Pengujian | Roll | Pitch | Status Sistem                                     |
|-----------|------|-------|---------------------------------------------------|
| 1         | 0,03 | 2     | Tembok cenderung miring ke depan $2^\circ$        |
| 2         | 4,88 | -0,1  | Tembok cenderung miring ke belakang $-0,1^\circ$  |
| 3         | 4,43 | -0,44 | Tembok cenderung miring ke belakang $-0,44^\circ$ |
| 4         | 4,51 | 0,44  | Tembok cenderung miring ke depan $0,44^\circ$     |
| 5         | 4,75 | -0,24 | Tembok cenderung miring ke belakang $-0,24^\circ$ |

Berdasarkan Tabel 1, sistem memerlukan waktu kurang lebih 20 detik. Seperti pada table satu Untuk membaca permukaan dindiing cenderung kearah depan sebanyak 20 dan untuk kemiringan sensor saat mengukur dinding 0,030. Untuk pengujian 2 dan seterusnya dilakukan pada permukaan tembok yang berbeda.

## B. Hasil Implementasi dan Foto Alat

Tabel 2. Hasil Implementasi dan Foto Alat

| Keterangan        | Hasil Foto                                                                           |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Foto alat         |    |
| Foto alat         |   |
| Foto alat         |  |
| Proses pengukuran |  |

Berdasarkan data pada Tabel 2, terlihat bahwa system akan mengukur kemiringan tembok secara langsung namun membutuhkan koneksi wifi yang sudah diprogram ke dalam raspy, jika wifi tidak terhubung maka alat akan tidak bekerja. Fungsi dari koneksi wifi yang ditanamkan pada raspy agar bisa digunakan oleh orang tertentu atau orang yang bertanggung jawab pada pengecekan suatu bangunan. Dalam hasil pengukuran akan ditampilkan pada layar lcd dan data yang telah diukur akan dikirim kurang lebih 20 detik per titik atau pertembok yang akan diukur.

## VII. SIMPULAN

Penelitian waterpass digital berbasis Raspberry Pi dan sensor MPU6050 dengan algoritma Complementary Filter terbukti menghasilkan alat ukur yang presisi dengan rata-rata error 0,068° dan delay transmisi 45 milidetik. Sistem ini secara efektif mengeliminasi human error dari waterpass konvensional untuk mencegah risiko deviasi struktural bangunan, serta meningkatkan efisiensi pengawasan proyek melalui dokumentasi digital otomatis (.csv), meskipun implementasi Kalman Filter masih direkomendasikan untuk meredam getaran ekstrem di lapangan.

## REFERENSI

- [1] Leksono R. S., Iranata D., and Kristijanto H., “Studi Pengaruh Kekuatan dan Kekakuan Dinding Bata Pada Bangunan Bertingkat, Redha Sadhu Leksono,” *Jurnal Teknik Its*, vol. 1, no. 1, pp. 30–33, 2012.
- [2] N. L. Valentino, “Optimasi Perencanaan Photovoltaic Berdasarkan Lokasi, Orientasi dan Kemiringan pada Bangunan Kasus Studi Anvaya Townhouse,” no. 1759, p. 20132023, 2022.
- [3] D. Sanjaya, “Tembok SMKN 1 Jambi Roboh Makan 3 Korban, Sudah Miring Beberapa Bulan,” detik.com. [Online]. Available: <https://www.detik.com/sumbagsel/berita/d-7573009/tembok-smkn-1-jambi-robok-makan-3-korban-sudah-miring-beberapa-bulan>
- [4] M. Kimsan, “Pemantauan Berkala Elevasi Dan Kemiringan Konstruksi Gedung Sebelum Penerbitan Sertifikat Laik Fungsi: A Preliminary Study,” *Media Konstruksi*, vol. 9, no. 1, pp. 1–10, 2024, doi: 10.33772/medkons.v9i1.3.
- [5] H. H. P. Kuntisari Yudhaningsih<sup>1</sup>, Vegit Risana Hughes<sup>2</sup>, Febriola Nova Fitria<sup>3</sup>, Utami Diyan Sumawati<sup>4</sup>, “Analisis Risiko Proyek Pada Konstruksi Bangunan: Tinjauan Literatur,” *Journal of Industrial and Engineering System*, vol. 3, no. 1, 2024, doi: 10.31599/86kjb875.
- [6] Azkia Nurfajrina, “Apa Itu Waterpass? Ini Fungsi, Cara Kerja, dan Jenis-jenisnya.” Accessed: Jun. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.detik.com/properti/arsitektur/d-6981266/apa-itu-waterpass-ini-fungsi-cara-kerja-dan-jenis-jenisnya>
- [7] I. W. Aprilia, A. E. Kristiyono, and T. Pribadi, “Prototype Pendeteksi Beban Berlebih Untuk Keamanan Operasi Hydraulic Crane Di Kapal Penumpang,” vol. 3, no. 3, 2024.
- [8] F. Faris, I. Sulistiyowati, A. Hayatal Falah, and A. Ahfas, “System Control of Prototype Forklift Using Android and ESP32 Based on MQTT Communication,” *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 15, no. 2, pp. 196–207, Sep. 2024, doi: 10.31849/digitalzone.v15i2.22724.
- [9] M. K. S. Burrage PS Brinckerhoff CE, “Sistem Deteksi Manusia Berbasis Radar FMCW untuk Keamanan Rumah Pintar,” *European University Institute*, vol. 27, no. 2, pp. 2–5, Jan. 2026, doi: 10.21070/ijins.v27i1.2082.
- [10] Kusnadi, Muhammad Akbar Hariyono, and Hafiz Al Farizi, “Alat Ukur Jarak dan Sudut Kemiringan Konstruksi Tangga Bangunan Berdasarkan Aspek Ergonomi Berbasis Arduino,” Jan. 2026.
- [11] M. F. L. J. R. S. Hartati, “Monitoring System Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Raspberry Pi 3,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 21, no. 1, p. 135, 2022, doi: 10.24843/mite.2022.v21i01.p18.
- [12] J. Informatika *et al.*, “PENERAPAN SENSOR MPU 6050 PADA KAPAL NELAYAN UNTUK MONITORING KESTABILAN BERBASIS RASPBERRY PI APPLICATION OF THE MPU 6050 SENSOR ON A FISHERING BOAT FOR STABILITY MONITORING,” vol. 13, no. 1, 2024.
- [13] Masykur Kimsan, “Pemantauan Berkala Elevasi Dan Kemiringan Konstruksi Gedung Sebelum Penerbitan Sertifikat Laik Fungsi: A Preliminary Study,” Apr. 2024.

- [14] Y. Hariswanda, "FMCW Radar Based Human Detection System for Smart Home Security: Sistem Deteksi Manusia Berbasis Radar FMCW untuk Keamanan Rumah Pintar," *Yuswono Hariswanda*, vol. 27, no. 2, pp. 2–5, 2026, doi: 10.21070/ijins.v27i1.2082.
- [15] M. I. Achmad and S. N. A, "PENGEMBANGAN DETEKTOR PORTABEL TINGKAT KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN ESP32, MPU6050, DAN MICROSD Muhamad," *PENGEMBANGAN DETEKTOR PORTABEL TINGKAT KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN ESP32, MPU6050, DAN MICROSD Muhamad*, vol. 8, no. 2, pp. 7–22, 2024, [Online]. Available: <https://mahandia.com/jurnal/index.php/jm/index>

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*